TECTÔNICA GRAVITACIONAL

Tectônica de sal
Tectônica de lama

Tectônica Gravitacional Salífera

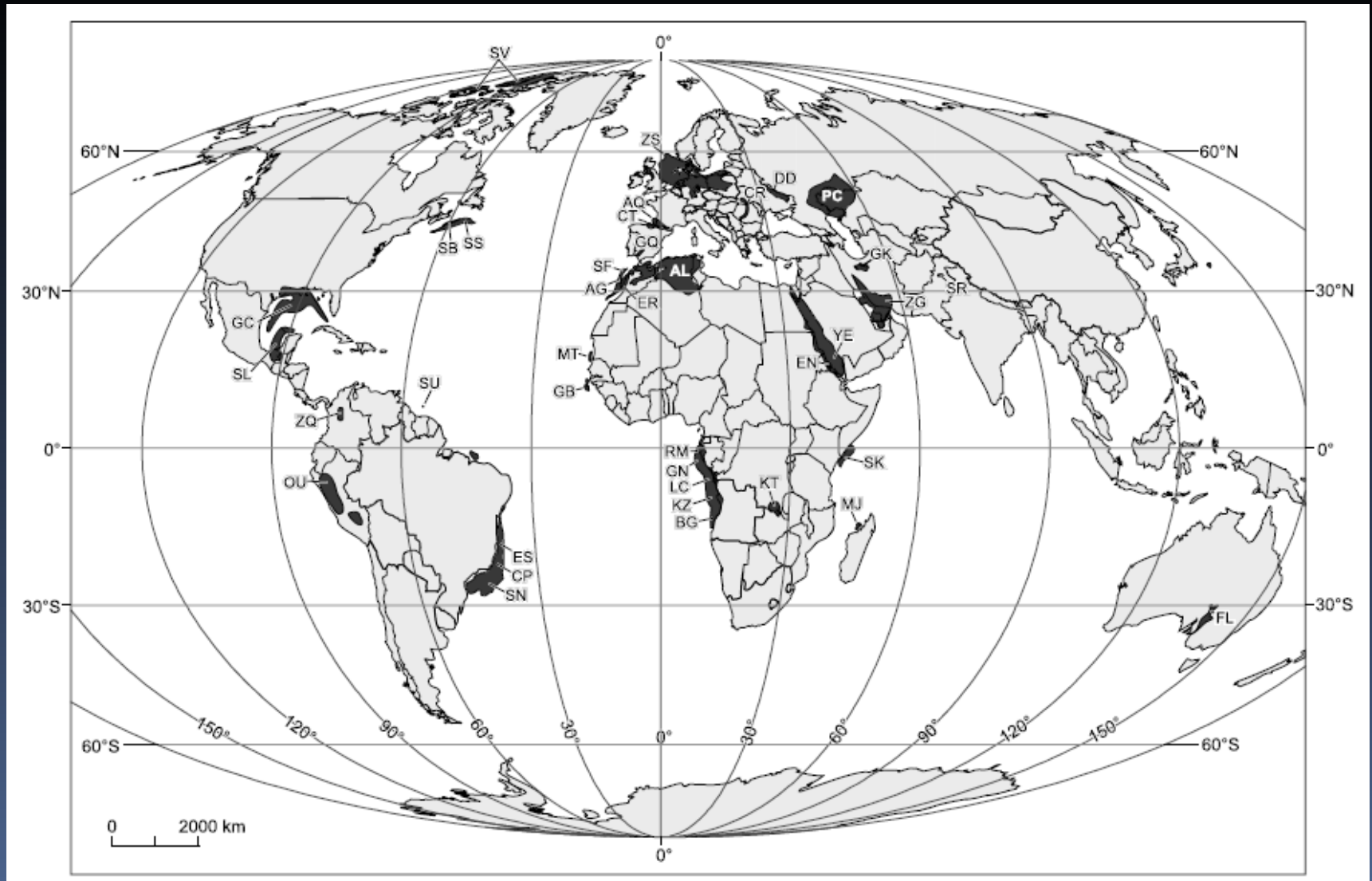


Figure 1. Salt basins containing allochthonous evaporites. Basin abbreviations: AG = Agadir; AL = Atlas; AQ = Aquitaine; BG = Benguela-Namibe; CP = Campos; CR = Carpathian; CT = Cantabrian-West Pyrenees; DD = Dnepr-Donetz; EN = Eritrean; ER = Essaouira; ES = Espirito Santo; FL = Flinders; GB = Guinea-Bissau; GC = Gulf Coast-Gulf of Mexico; GK = Great Kavir-Garmsar-Qom; GN = Gabon; GQ = Guadalquivir; KT = Katanga; KZ = Kwanza; LC = Lower Congo; MJ = Majunga; MT = Mauritania; OU = Oriente-Ucayali; PC = Precaspian; RM = Rio Muni; SB = Sable; SF = Safi; SK = Somali-Kenya; SL = Salina-Sigsbee; SN = Santos; SR = Salt Range; SS = Scotian Slope; SU = Suriname; SV = Sverdrup; YE = Yemeni; ZG = Zagros; ZQ = Zipaquira; ZS = Zechstein. The abundance and documentation of allochthonous evaporites vary greatly among different basins.

Bacias com evaporitos alóctones

Tectônica Gravitacional - Salífera

Sais - composição

Íon	Teor (ppm)	
	Água do mar	Água de rio
Cl	18.980	7,5
Na	10.560	6,3
SO4	2.650	11
Mg	1.270	4,1
Ca	400	15
K	380	2,3
HCO3	140	58
Br	65	13

Mineral	Composição
Calcita	$CaCO_3$
Magnesita	$MgCO_3$
Dolomita	$Ca(Fe,Mg)(CO_3)2$
Gipsita	$CaSO_4.2H_2O$
Anidrita	$CaSO_4$
Halita	NaCL
Silvita	KCl
Carnalita	$KMgCl_3.6H_2O$

Tectônica Gravitacional Salífera

Boxe 19.1 PROPRIEDADES DO SAL

Constituinte comum das bacias sedimentares.
Baixa resistência mecânica.
Baixa densidade (2.160 g/cm^3).
Alta condutividade térmica.
Praticamente incompressível.
Impermeável.
Viscoso, comporta-se como um fluido.
Favorece a formação de grandes áreas deformadas.
Facilita a formação de descolamentos horizontais.
Cria estruturas propícias para armadilhas de fluidos.

Segundo Fossen (2012)

Os sais, especialmente a halita, têm uma viscosidade muito baixa, mais baixa do que o material da astenosfera, podendo fluir com muita facilidade, mesm0 em camadas com espessura de menos de 500 m.

Adicionalmente a halita é pouco compressivel mantendo uma densidade relativamente baixa quando comparadas a outras rochas sedimentares .

Sedimentos clásticos finos com pacotes de 600 a 700 metros de cobertura adquirem densidade maior que os sais. Os mais grossos, com 1500 metros a 2000 metros. Segundo Fossen, 2012.

Dada a sua baixa densidade a sua

Tectônica Gravitacional Salífera

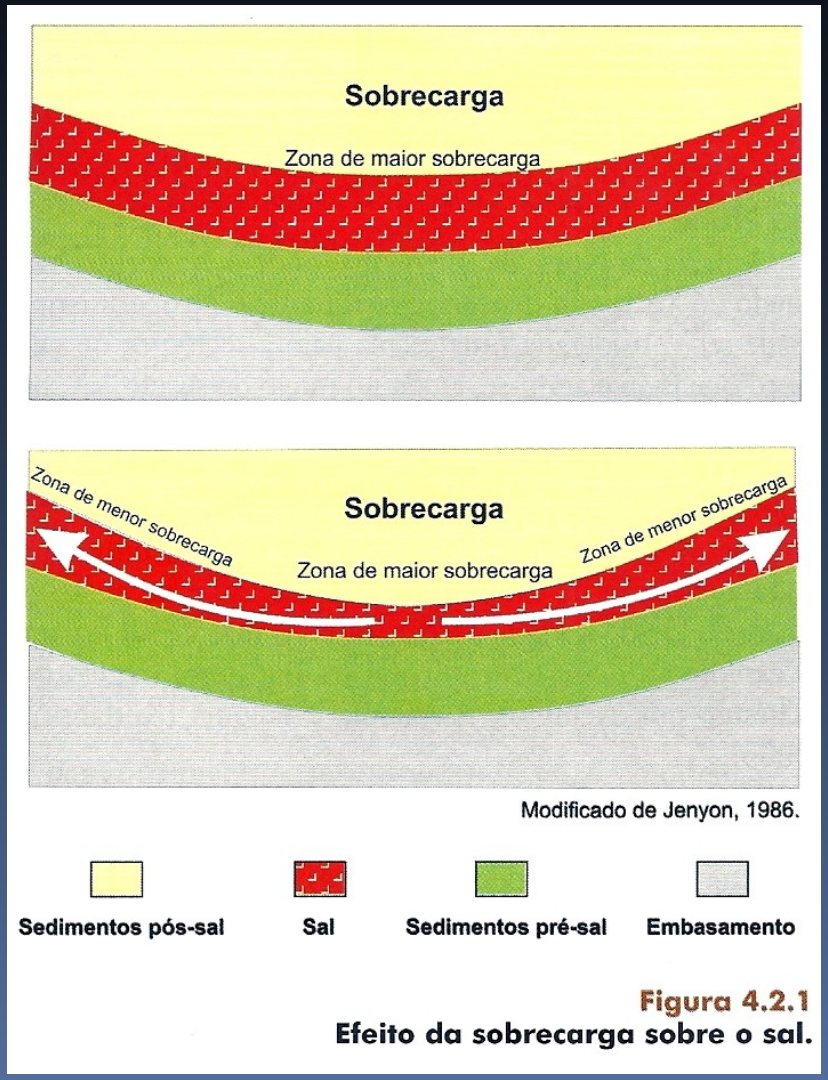


Figura 4.2.1
Efeito da sobrecarga sobre o sal.

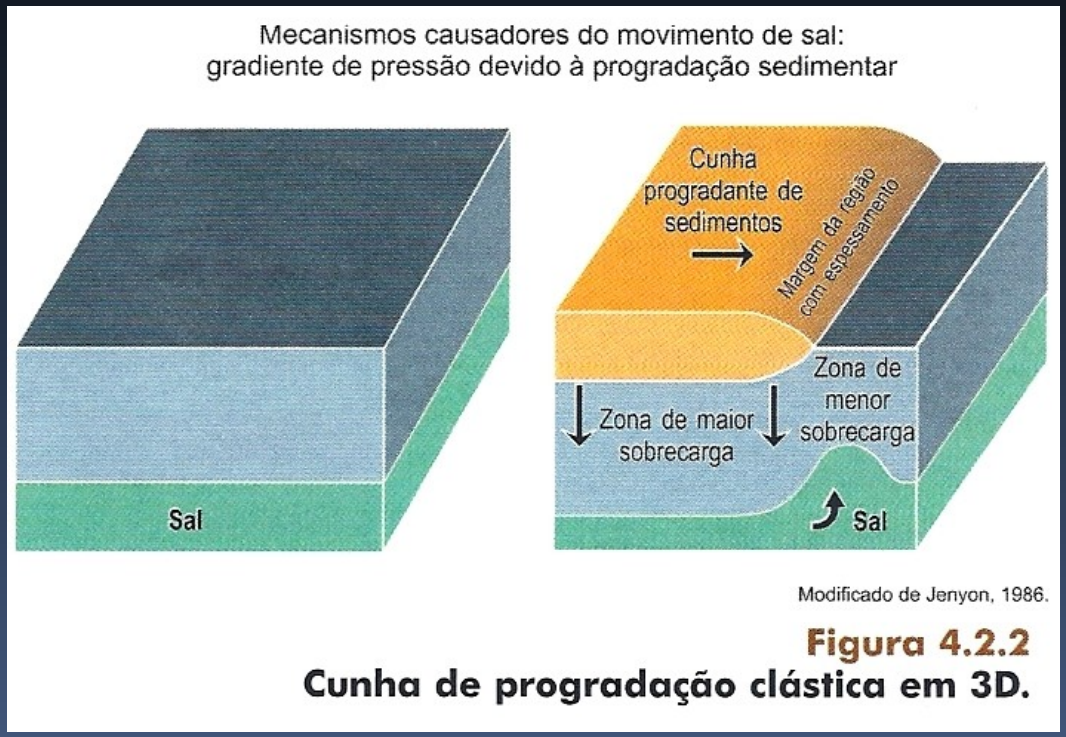


Figura 4.2.2
Cunha de progradação clástica em 3D.

Processo de tectônica gravitacional (Sal: Geologia e Tectônica. Mohriak et al. Petrobrás, 2008)

Tectônica Gravitacional – mobilidade devido à carga diferencial, espessura variável da camada

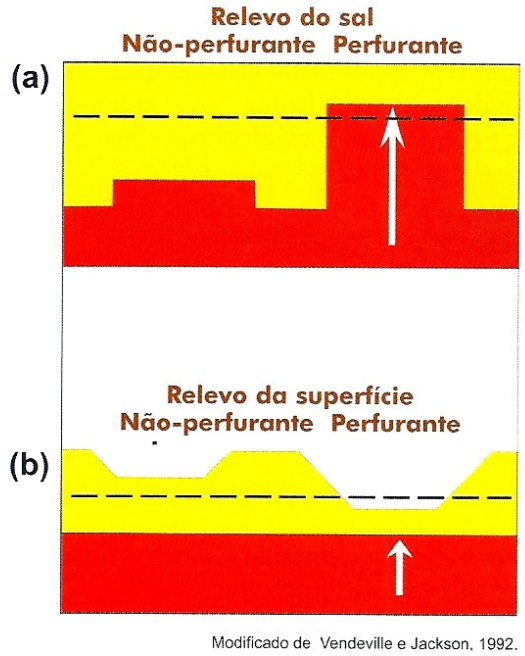


Figura 4.4.4
Relevo do sal perfurante e não-perfurante.

Fig. 4.4.4 – variação na espessura da camada de sal ou variação na espessura variável da camada de sedimentos acima do sal leva à formação e crescimento do diápiro. Mohriak et al. Petrobrás, 2008.

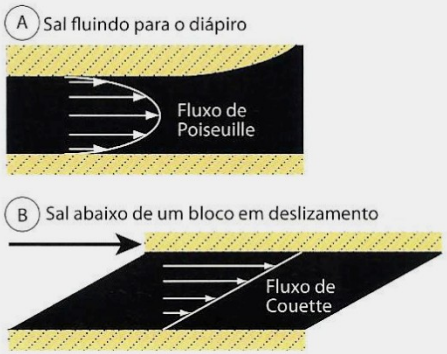


Fig. 19.4 *Dois tipos principais de fluxo em camadas de sal em deformação. As setas indicam a velocidade – o perfil de velocidade é parabólico em (A) e linear em (B)*

Segundo Fossen (2012)

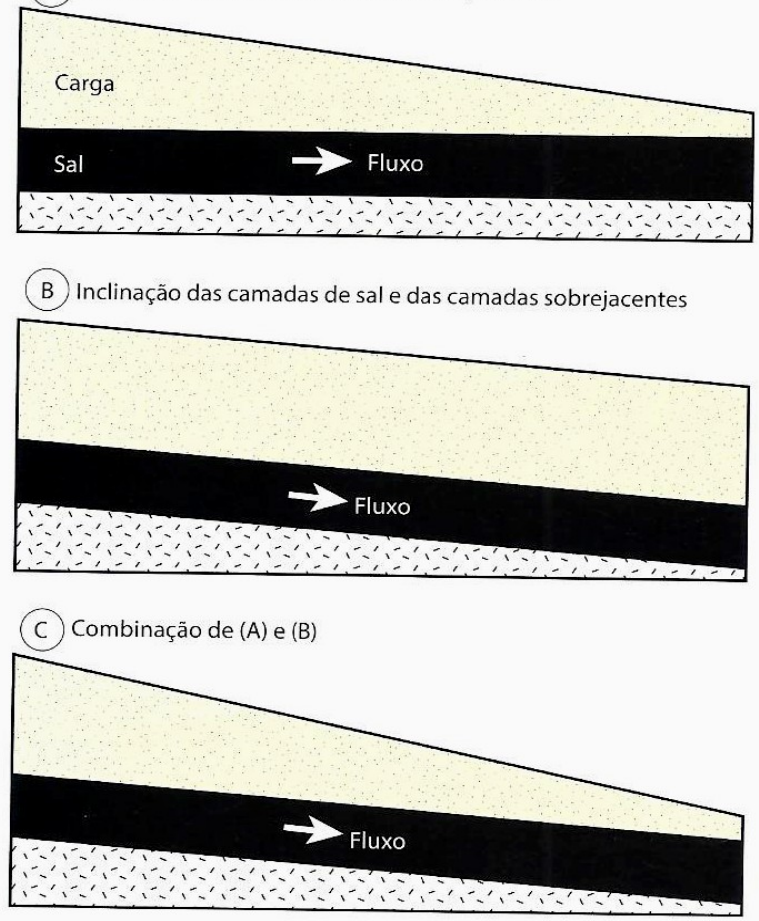


Fig. 19.12 *Situações em que a carga provoca o fluxo de sal. (A) Fluxo relacionado à carga diferencial (p. ex., no delta de um rio), que causa diferenças na pressão. (B) Fluxo causado por diferenças na elevação em decorrência de basculamento. (C) Combinação dos dois mecanismos, comum em margens continentais. Nesses modelos simples, as terminações são restritas, o que impede que as camadas sobrejacentes deslizem sobre a camada de sal*

Tectônica Gravitacional

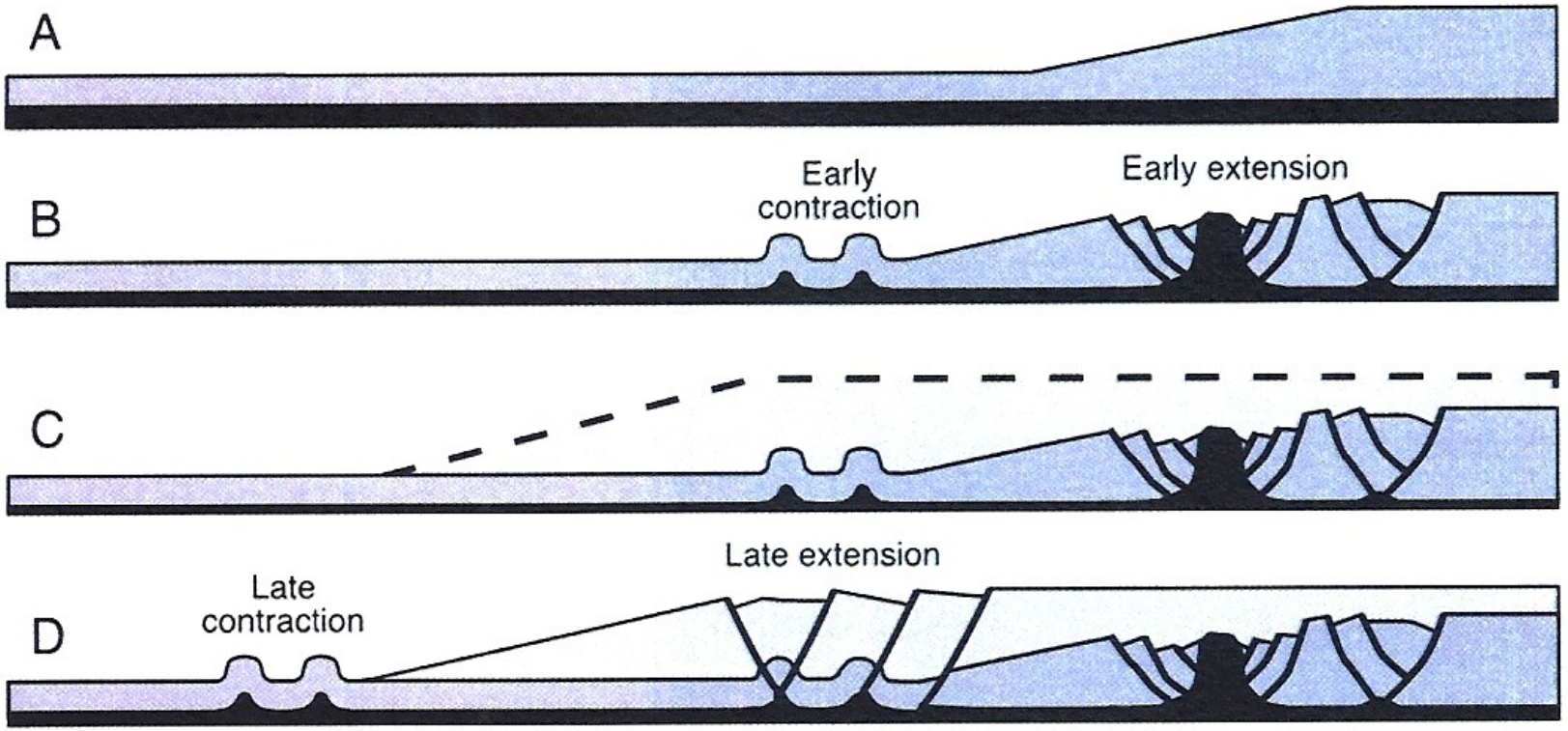


Figura 4.4.14 – Modelo esquemático da evolução do arcabouço estrutural em resposta à rápida progradação sedimentar. (a) Deposição de um prisma sedimentar (cinza) sobre um nível móvel basal (preto); (b) Primeiro estágio da deformação superficial extensiva. Formação de grabens e diápiros reativos proximais, e dobras distais; (c) Progradação do prisma sedimentar e soterramento do antigo sistema estrutural, com a incorporação dos paleo-dobras ao domínio distensivo; (d) Geração de um cinturão de dobramentos moderno, na base do prisma atual, e a formação de um novo sistema de grabens acima das paleo-dobras (Vendeville, 2005).

Processo de tectônica gravitacional (Perovano da Silva, 2012, Tese de Doutorado, UFF)

Tectônica gravitacional de Lama- domínios tectônicos

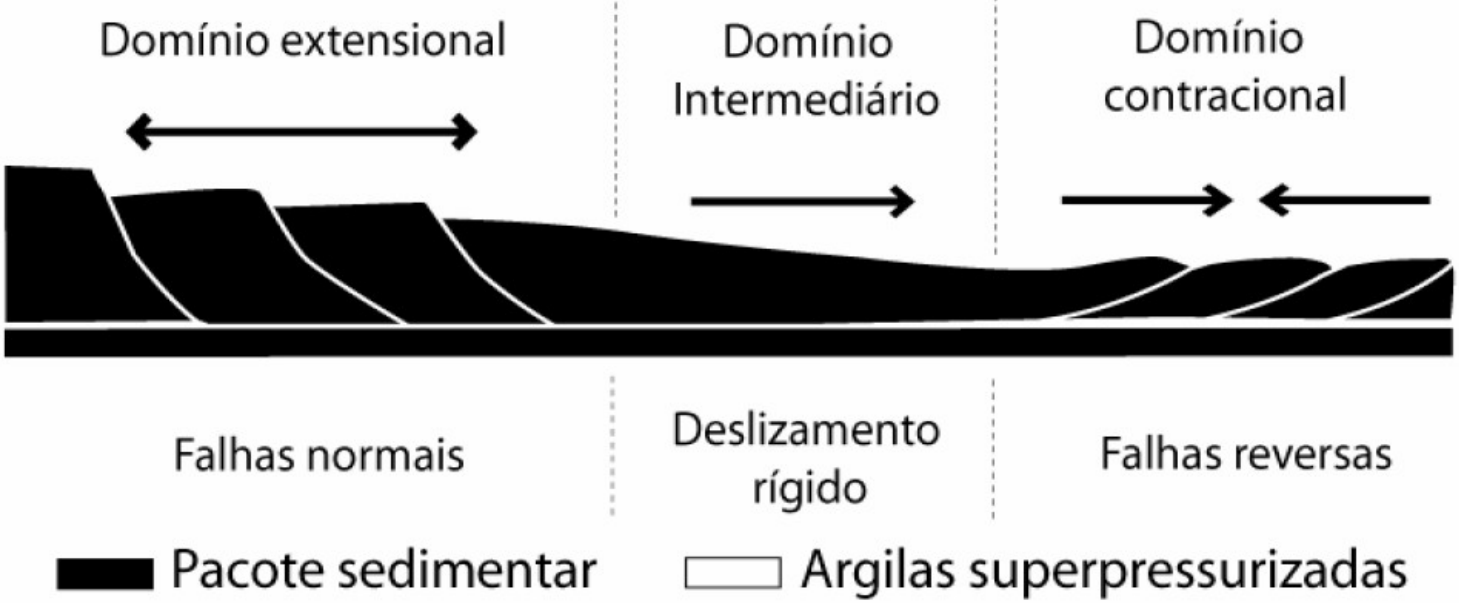


Figura 3.6 *– Modelo esquemático representando uma possível zonação estrutural gerada pela deformação superficial extensiva (Perovano, 2006 modificado de Gaullier e Vendeville, 2005).*

Tectônica Gravitacional Salífera

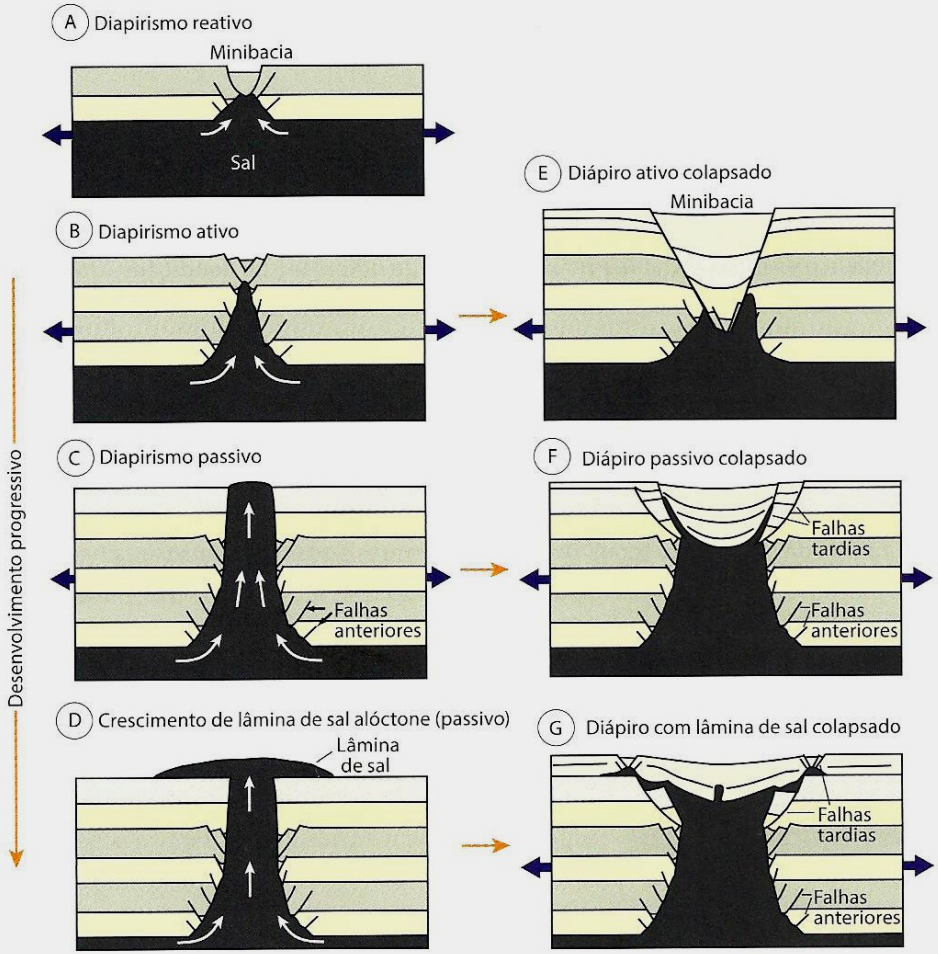


Fig. 19.16 *Ilustração da evolução completa idealizada de um diápiro de sal movimentando-se em direção à superfície, através dos estágios de diapirismo reativo (A), ativo (B) e passivo (C). Em qualquer estágio, a estrutura de sal pode colapsar, produzindo estruturas indicadas na coluna à direita (E-G)*

Fonte: baseado em Hudec e Jackson (2007) e suas referências.

Segundo Fossem (2012)

Reativo → tectônica
Ativo → por carga de sedimentos
Passivo → acumulação de sedimentos ao redor do diápiro

Mohriak et al. Petrobrás, 200

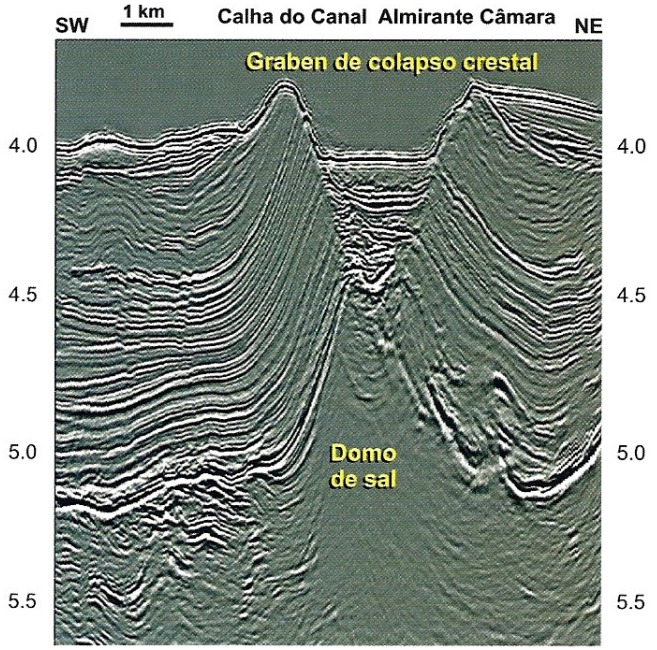


Figura 4.4.6
Seção sísmica na Bacia de Campos (calha do Cânion Almirante Câmara) com gráben de colapso crestal e mobilização do sal para diápiros laterais a minibacias (Cortesia de R. O. Kowsmann).

Tectônica Gravitacional Salífera

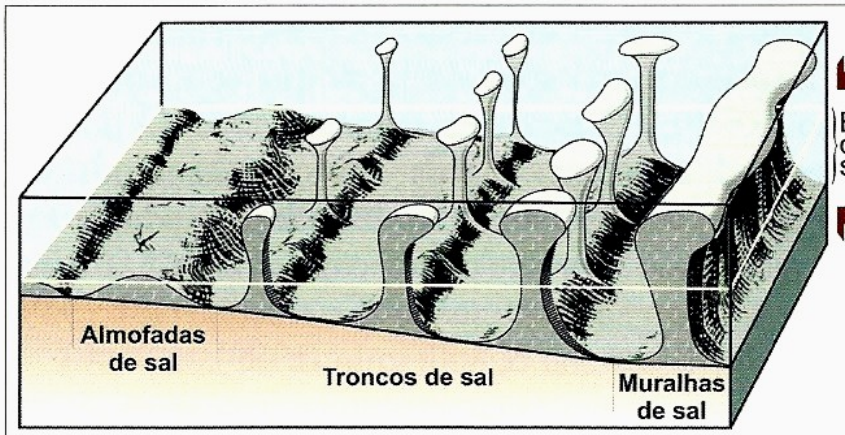
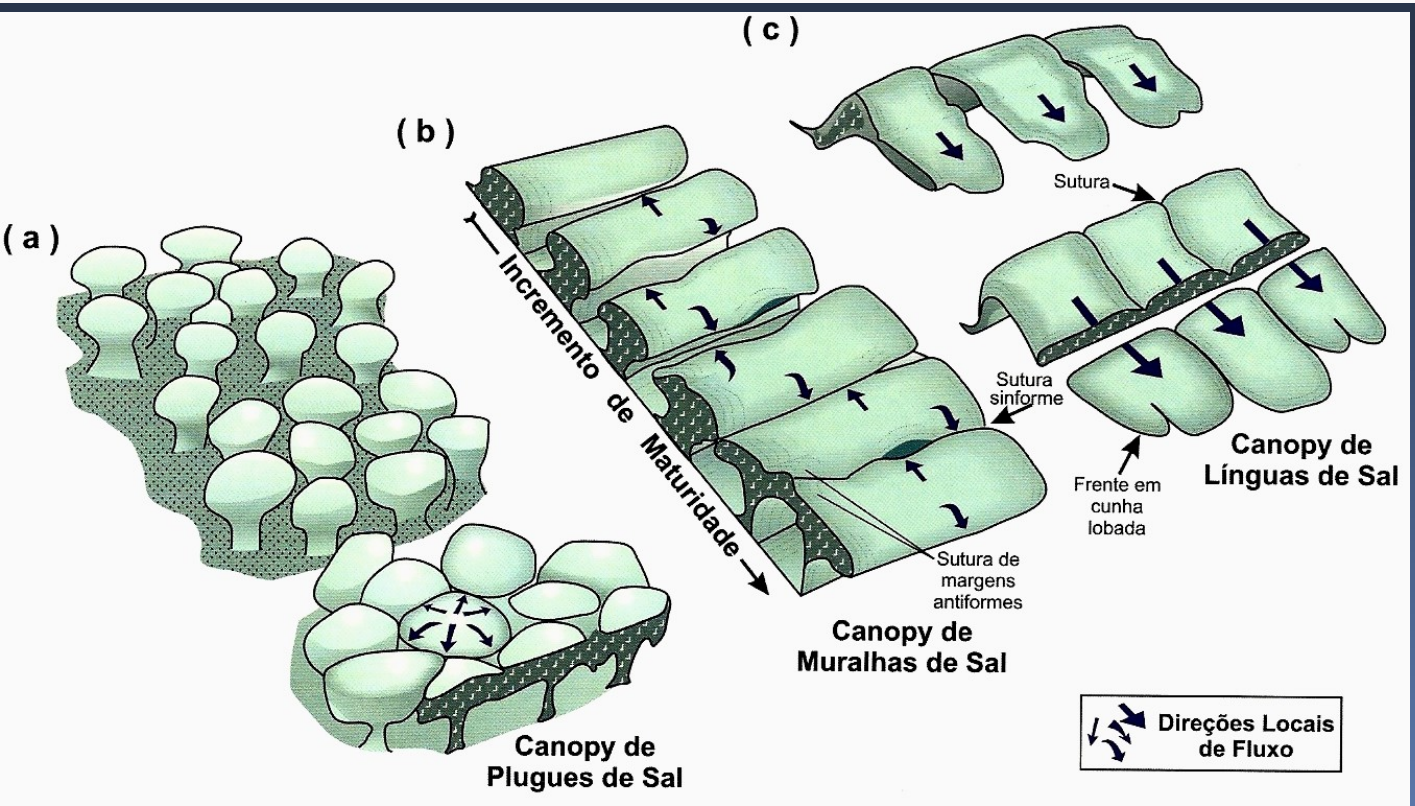
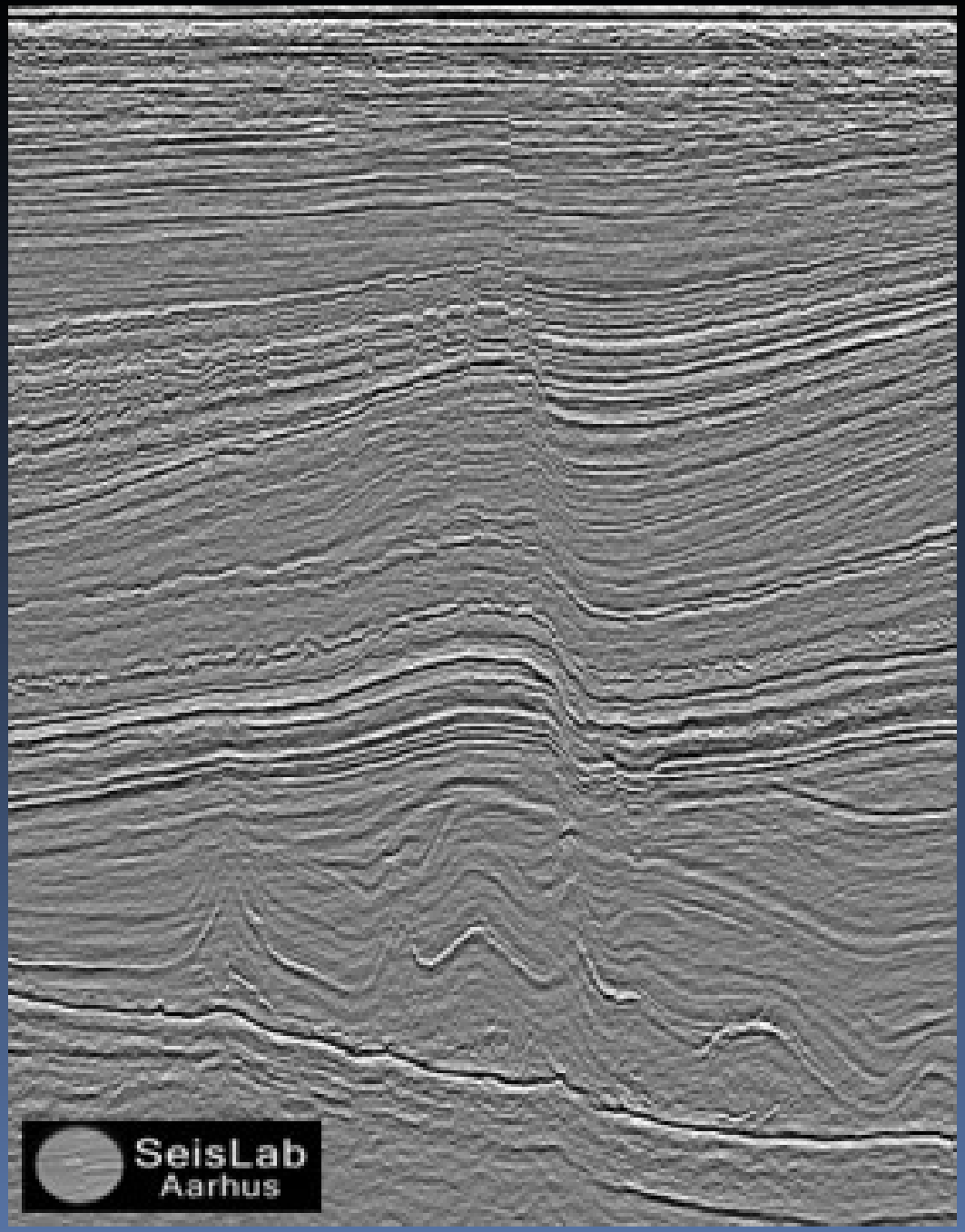


Figura 4.2.14
Modelo esquemático com visão 3D das estruturas halocinéticas entre a região proximal e distal da Bacia Zechstein, com almofadas, troncos e muralhas de sal. As setas indicam a espessura original estimada do complexo de sal permiano.



Formação de toldos (Canopy) de sal. Segundo Mohriak *et al.* , Petrobrás, 2008.



Desenvolvimento de diápiro de sal

Falhas associadas aos domos de sal

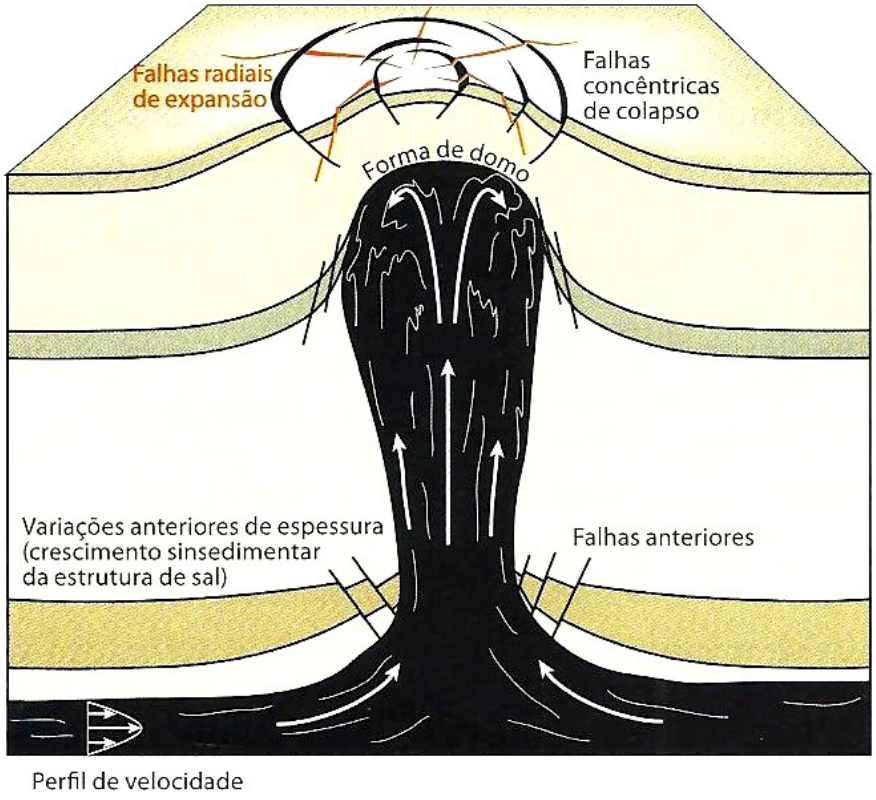
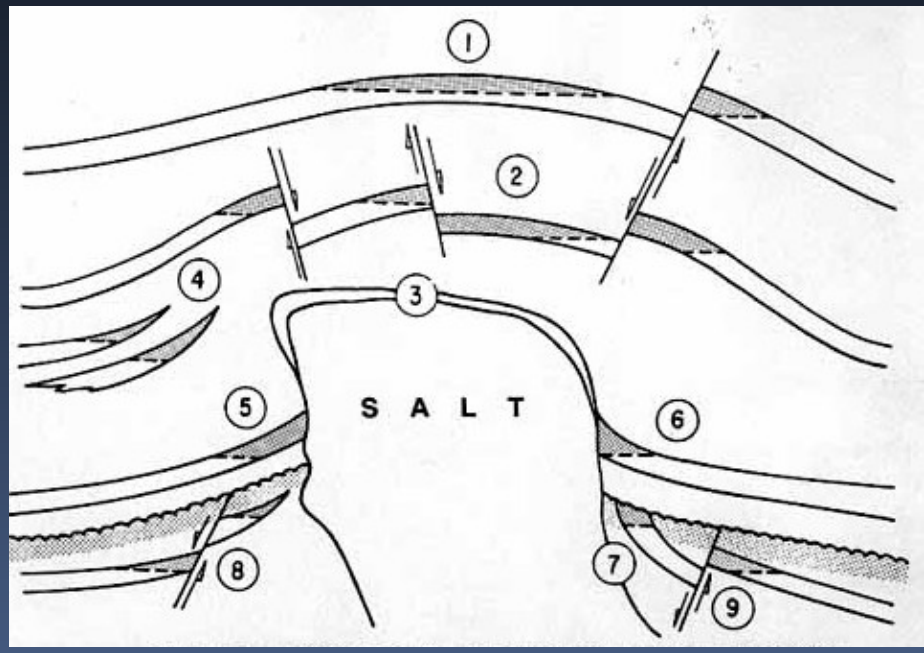


Fig. 19.15 *Algumas estruturas subsidiárias comuns associadas a domos de sal*

Segundo Fossen (2012)



Possíveis trapas associadas aos domos de sal

Tectônica de sal na bacia de Santos

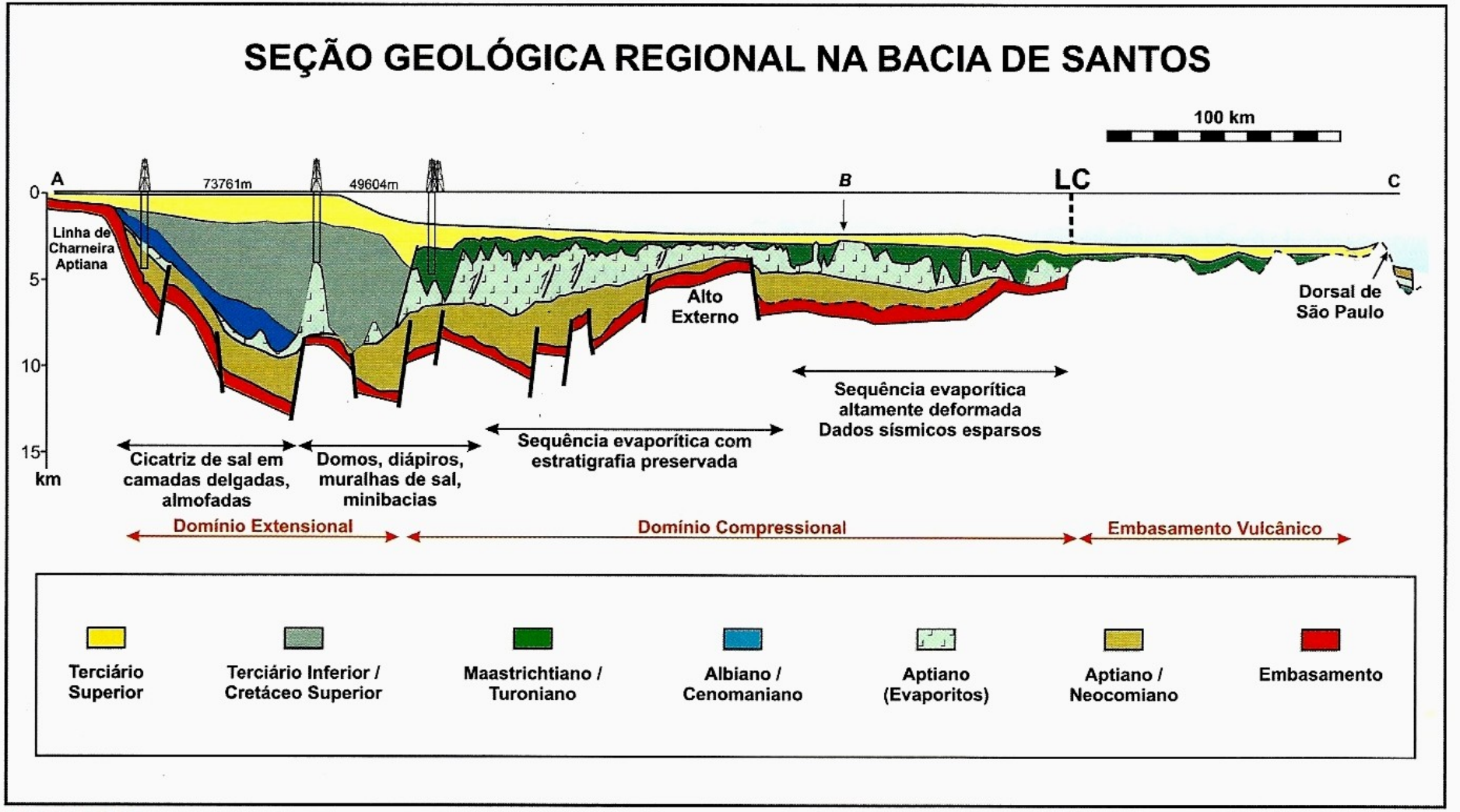
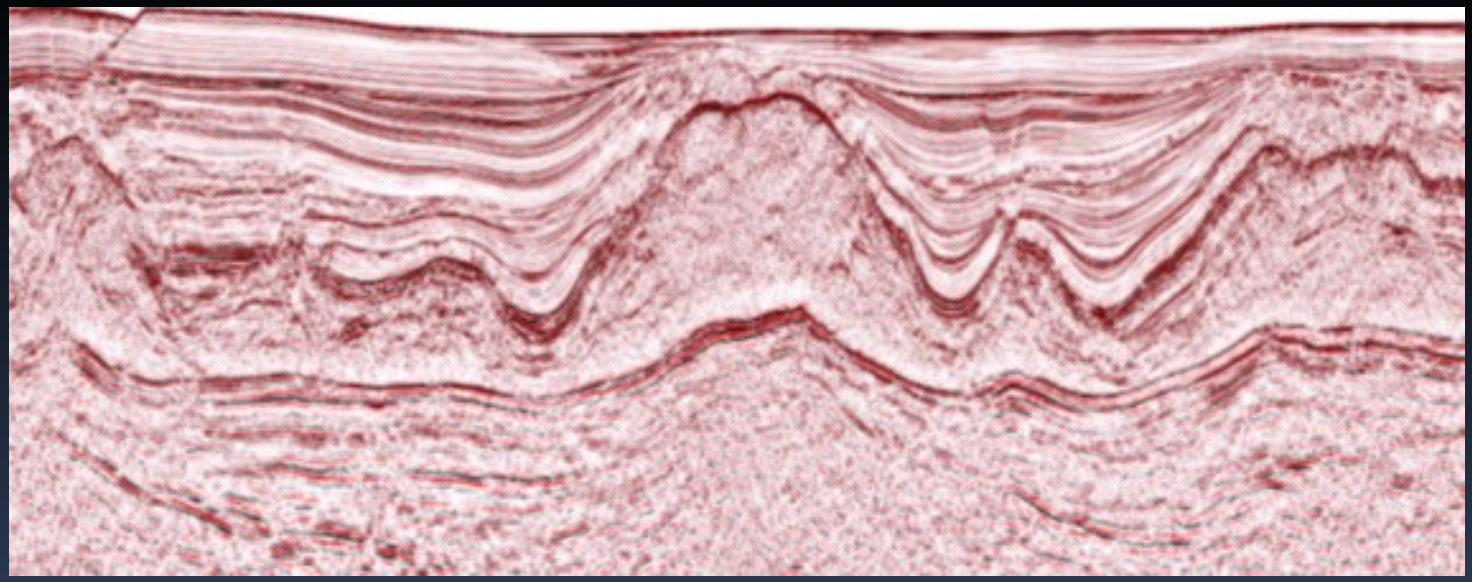
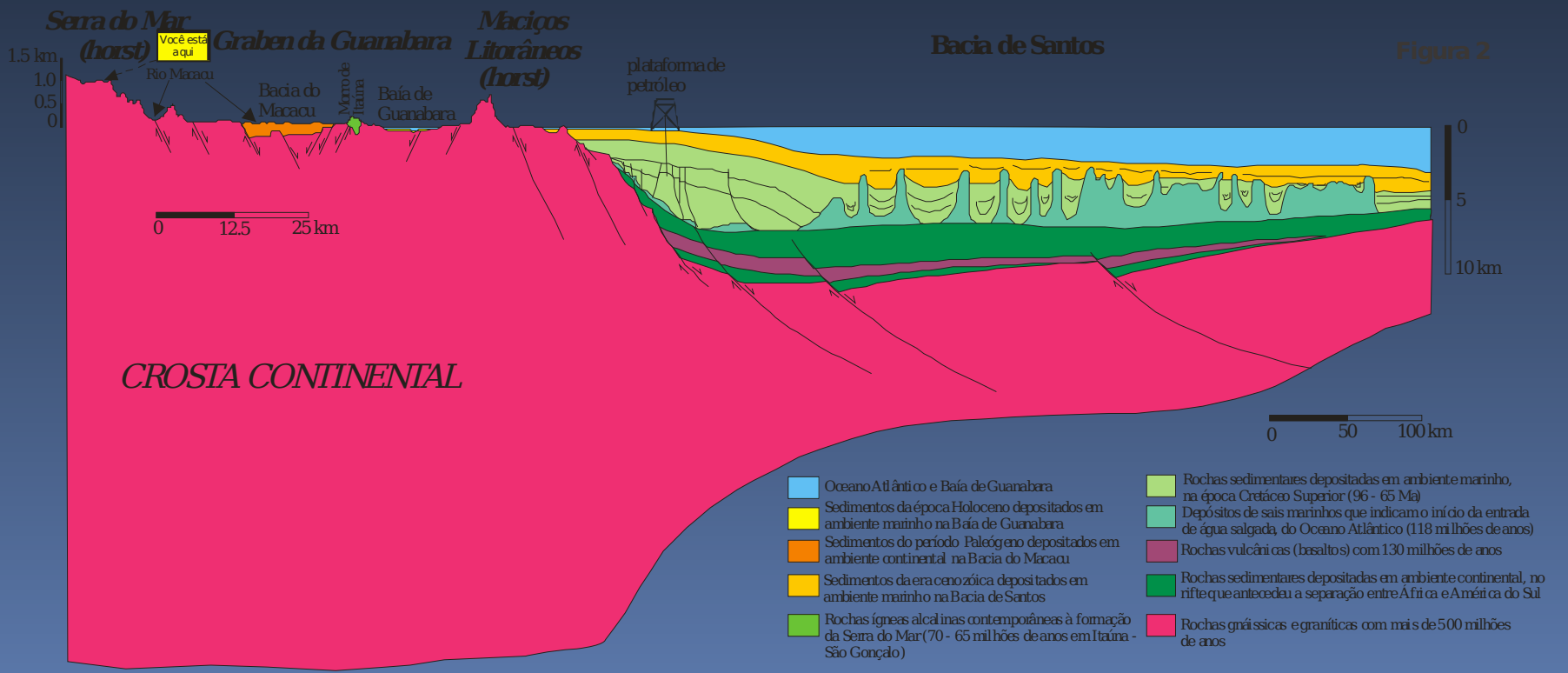


Figura 16.4
Seção geológica regional da parte central da Bacia de Santos, evidenciando os domínios distensivos e compressivos no pacote evaporítico. Localização na Figura 16.6.

Tectônica de sal na bacia de Santos





Tectônica de sal na bacia de Campos

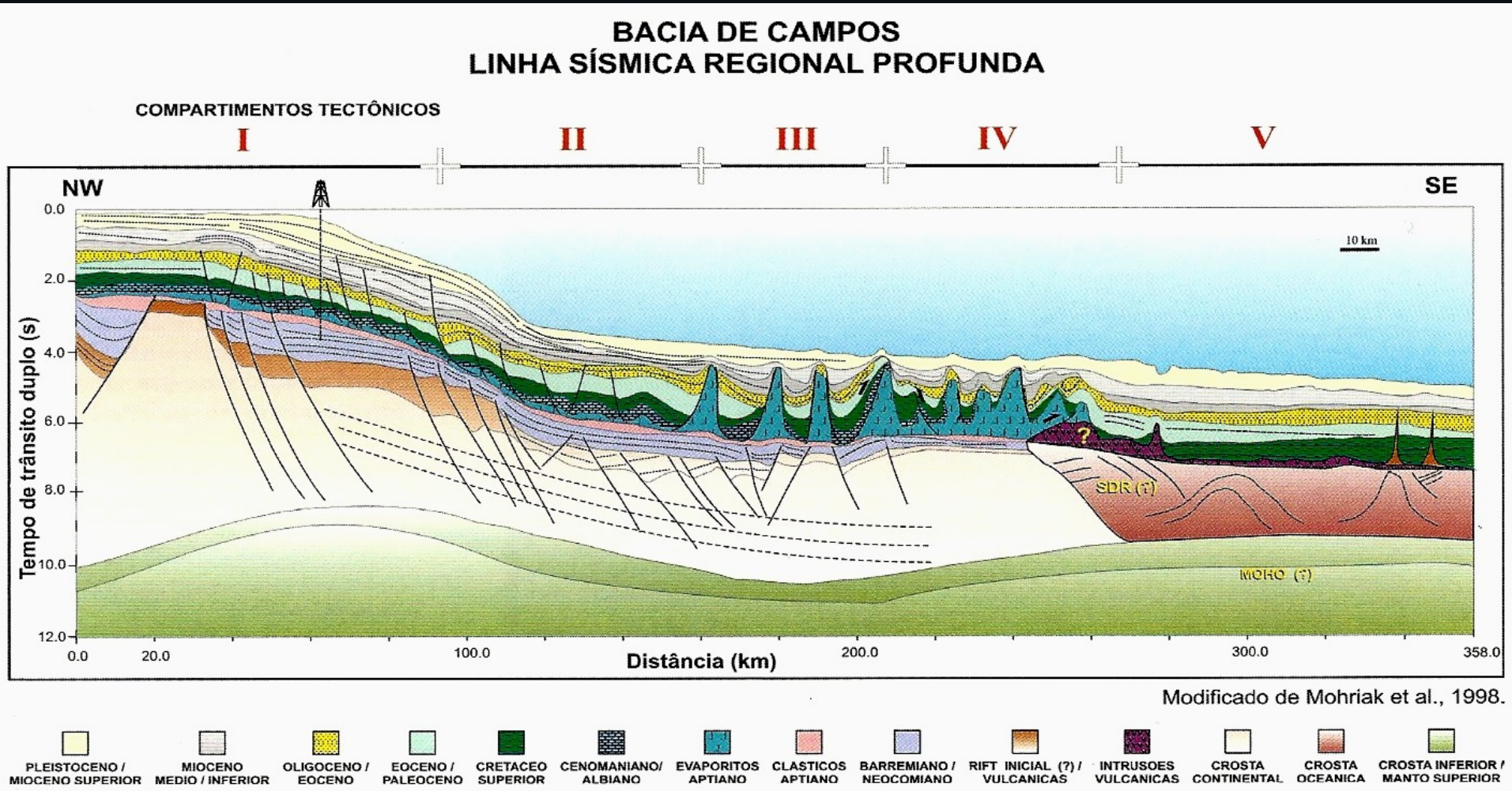
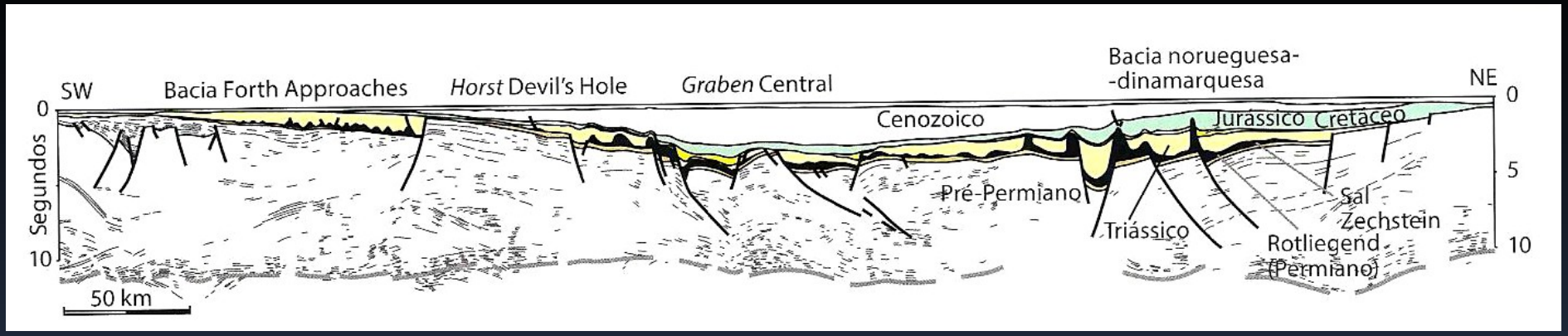


Figura 15.14
Modelo esquemático de domínios de tectônica de sal.

I e II - domínios distensivos
III e IV - domínios compressivos
V - crosta oceânica

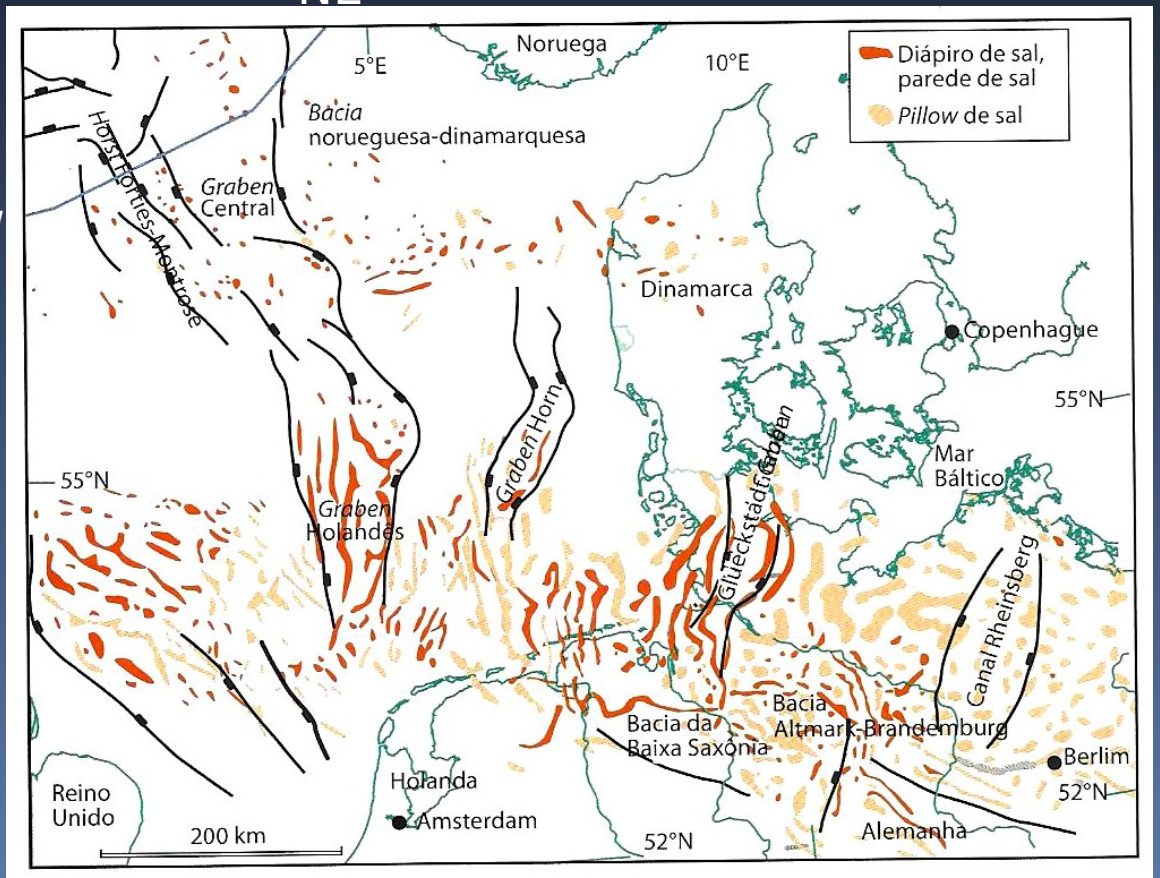
Sal – Geologia e Tectônica (Mohriak *et al.* 2008)

Tectônica de sal no Mar do Norte



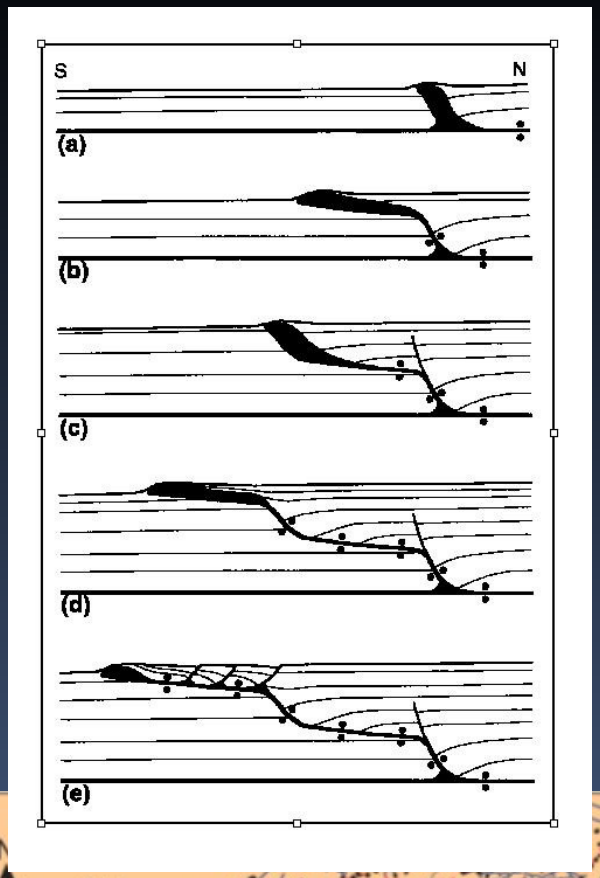
NE

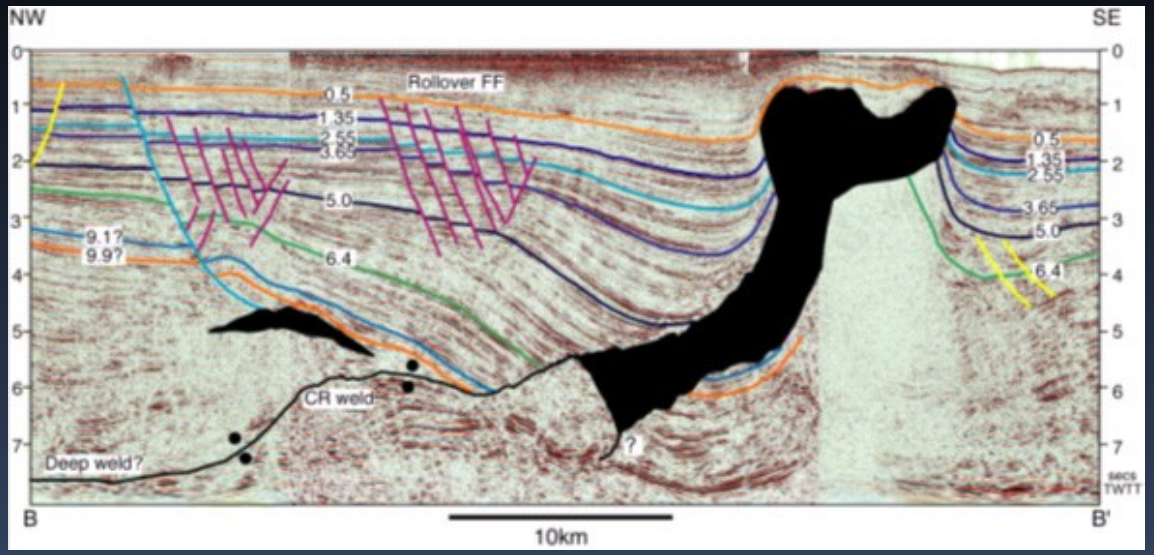
SW

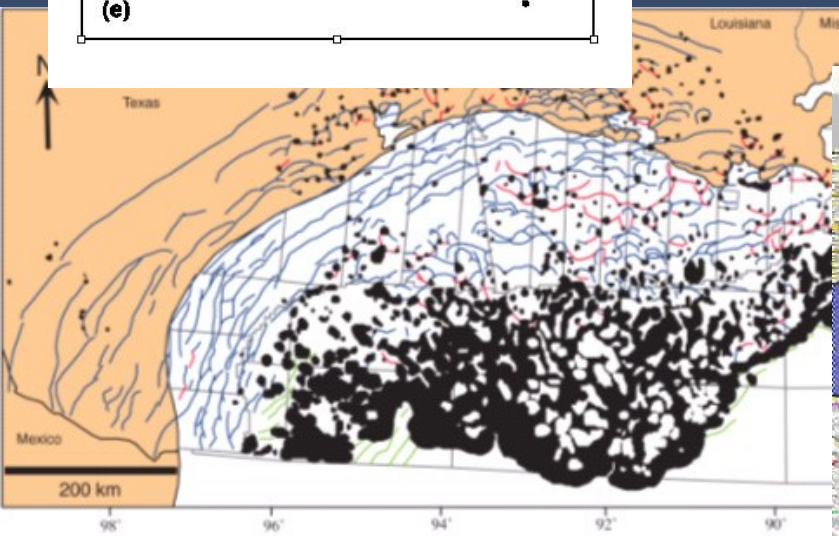


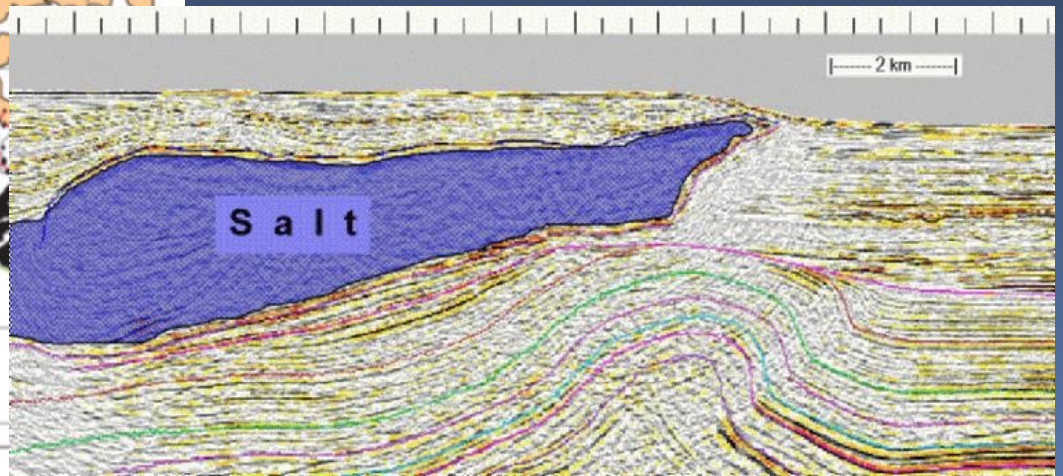
Segundo Fossen (2012)

Tectônica de Sal no Golfo do México - Lâminas de Sal Alóctones









Tectônica de sal no Golfo do México

Lâminas de Sal Alóctones

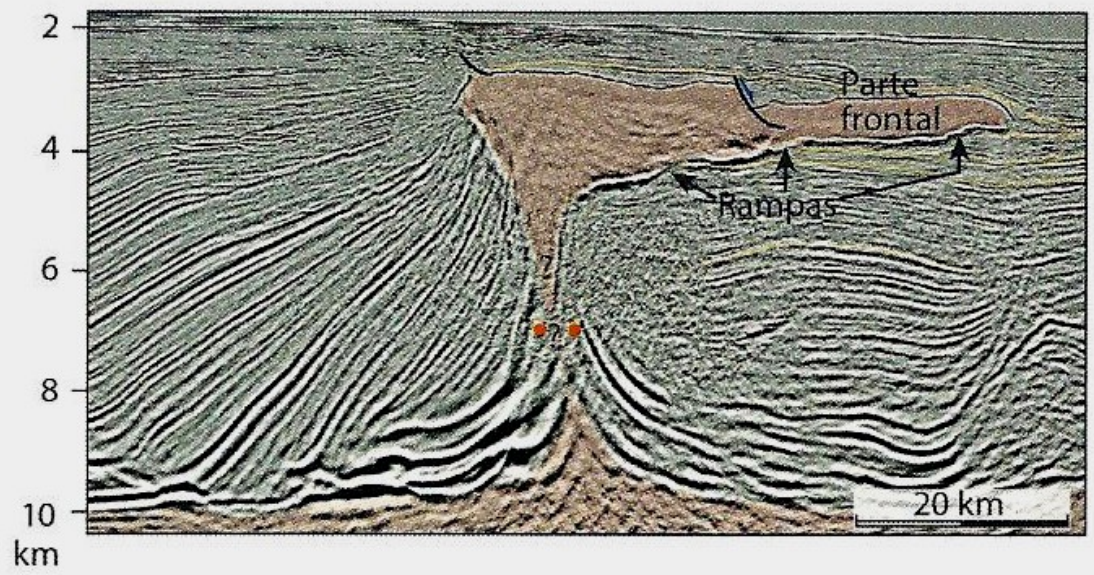


Fig. 19.20 *Estrutura clássica de lâmina de sal no Golfo do México (cânion Mississippi). Imagem fornecida por cortesia de TSG-NOPEC*

Avanço por cavalgamento (Fossen, 2012)

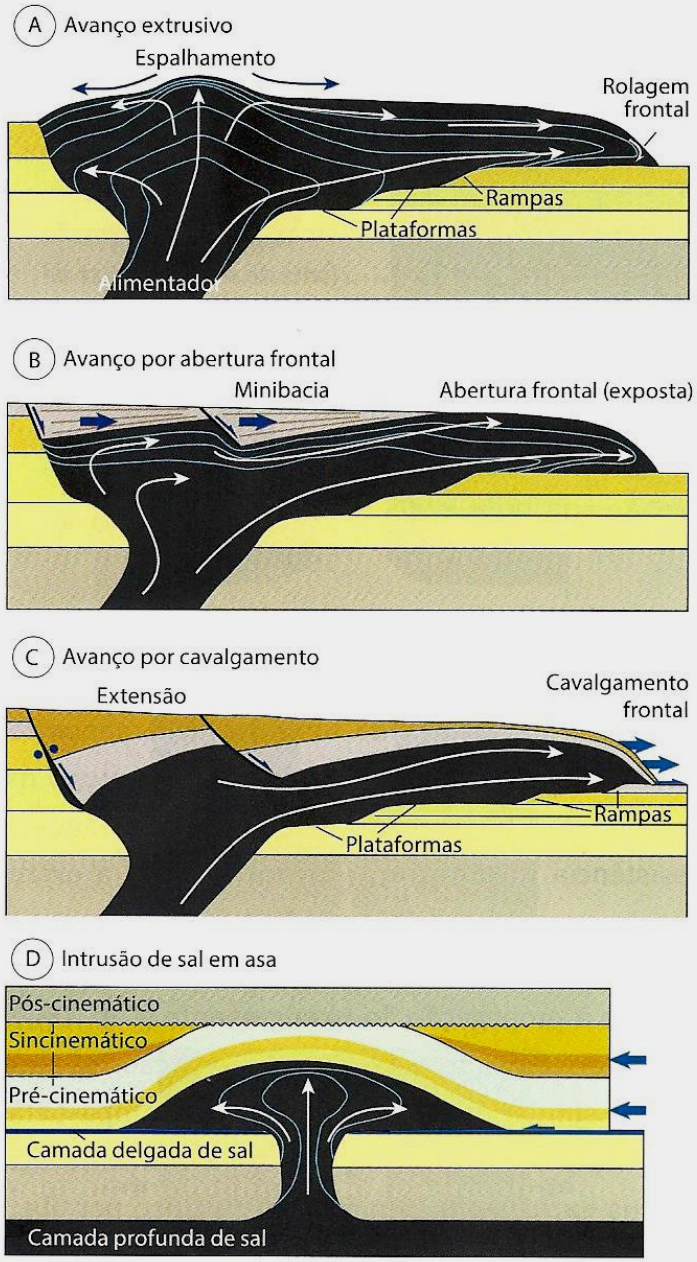


Fig. 19.19 *Desenvolvimento esquemático de diferentes estruturas alóctones de sal (lâminas de sal).*

Fonte: baseado em Hudec e Jackson (2006).

(Fossen, 2012)

Tectônica de Sal no Golfo do México

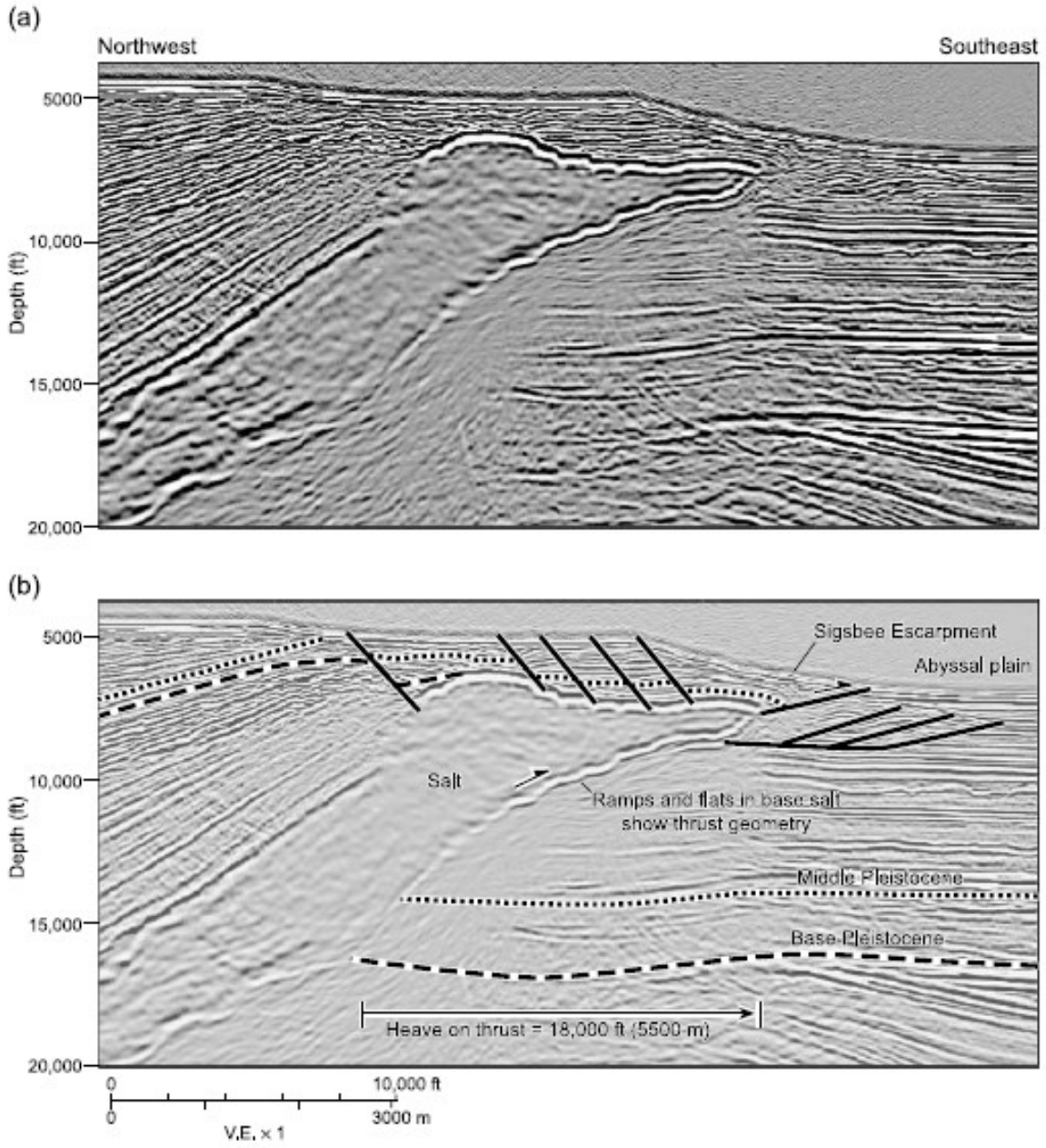
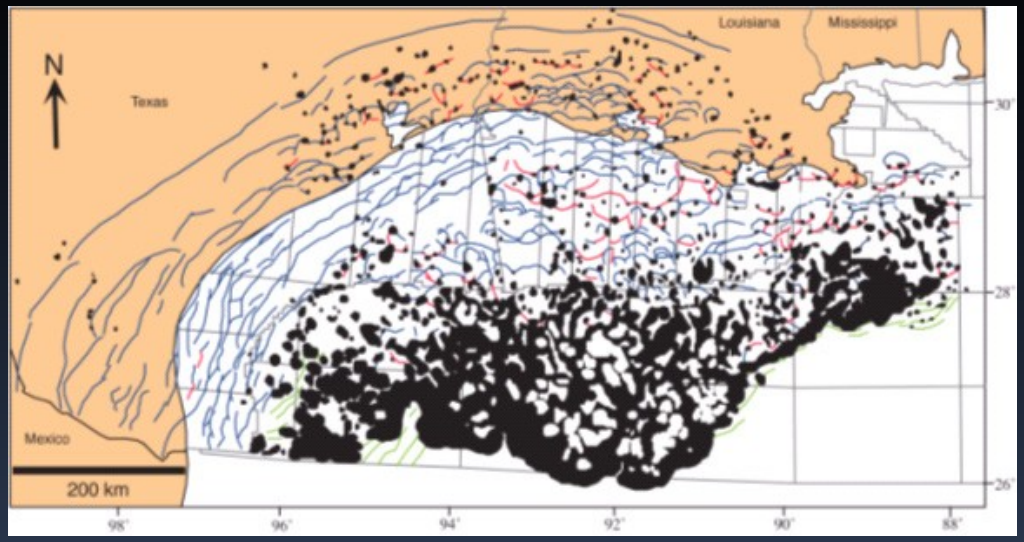
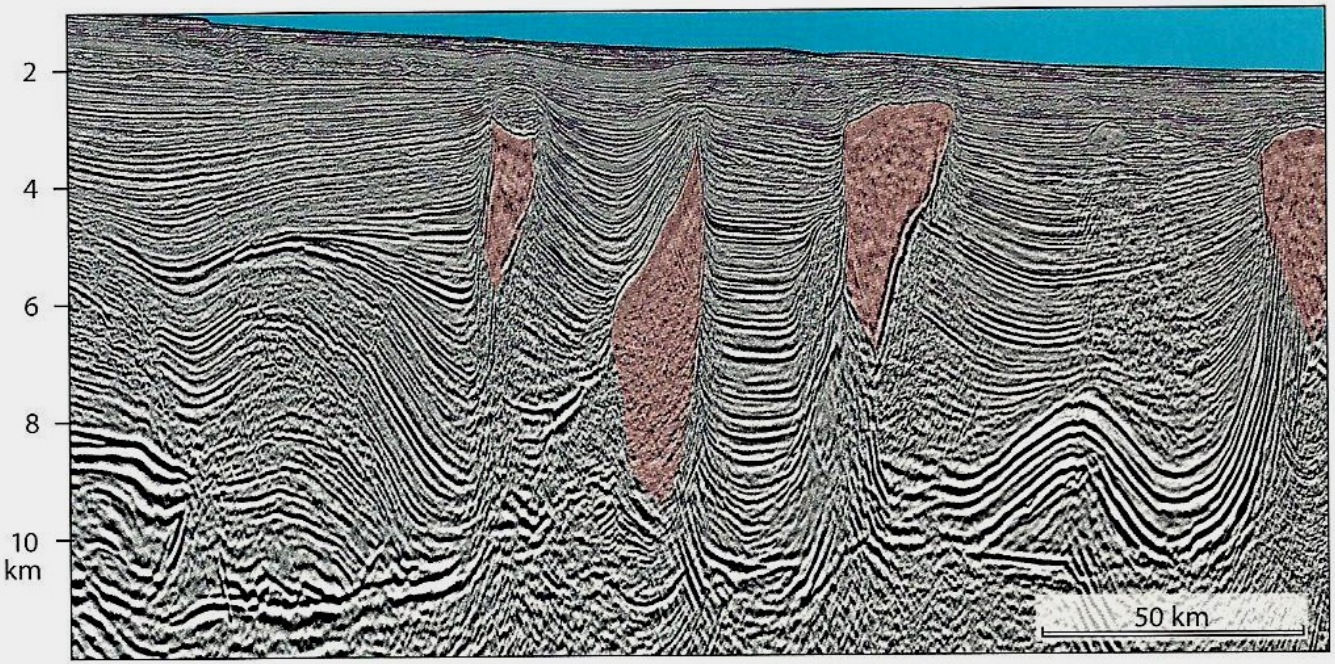


Figure 14. (a) Uninterpreted and (b) interpreted versions of a prestack depth-migrated seismic section across the Sigsbee Escarpment near the Mad Dog discovery, Green Canyon area, northern Gulf of Mexico. Proprietary paleontologic data from wells above, below, and in front of the salt sheet allow confident correlation of horizons from the sheet's roof to the abyssal plain. Basal Pleistocene strata in the roof have been thrust over the abyssal plain by 5500 m (18,000 ft), driven by gravity spreading of the salt canopy. Seismic data are courtesy of BP.

Formação de toldos (Canopy) de sal no Golfo do México. Segundo Hudec & Jackson, 2004)

Tectônica de Sal no Golfo do México - Diápiros em Gota





Segundo Fossen (2012)

Fig. 19.18 *Seção sísmica do cânion submarino do Mississippi, no Golfo do México, mostrando diápiros em gota (destacados de stocks de sal). A camada fonte de sal localiza-se de 10-11 km de profundidade (não interpretada). As dobras se formaram devido à extração de sal no regime extensional. Imagem fornecida por cortesia de TSG-NOPEC*

Tectônica Gravitacional de Lama

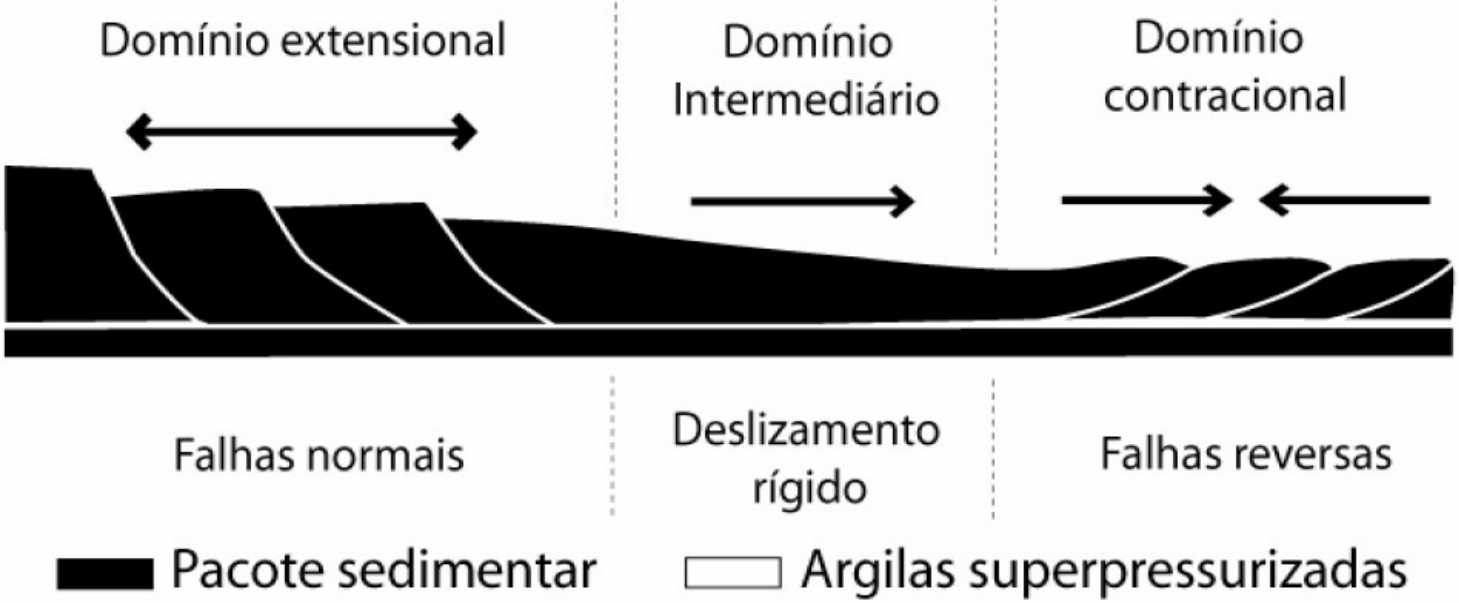
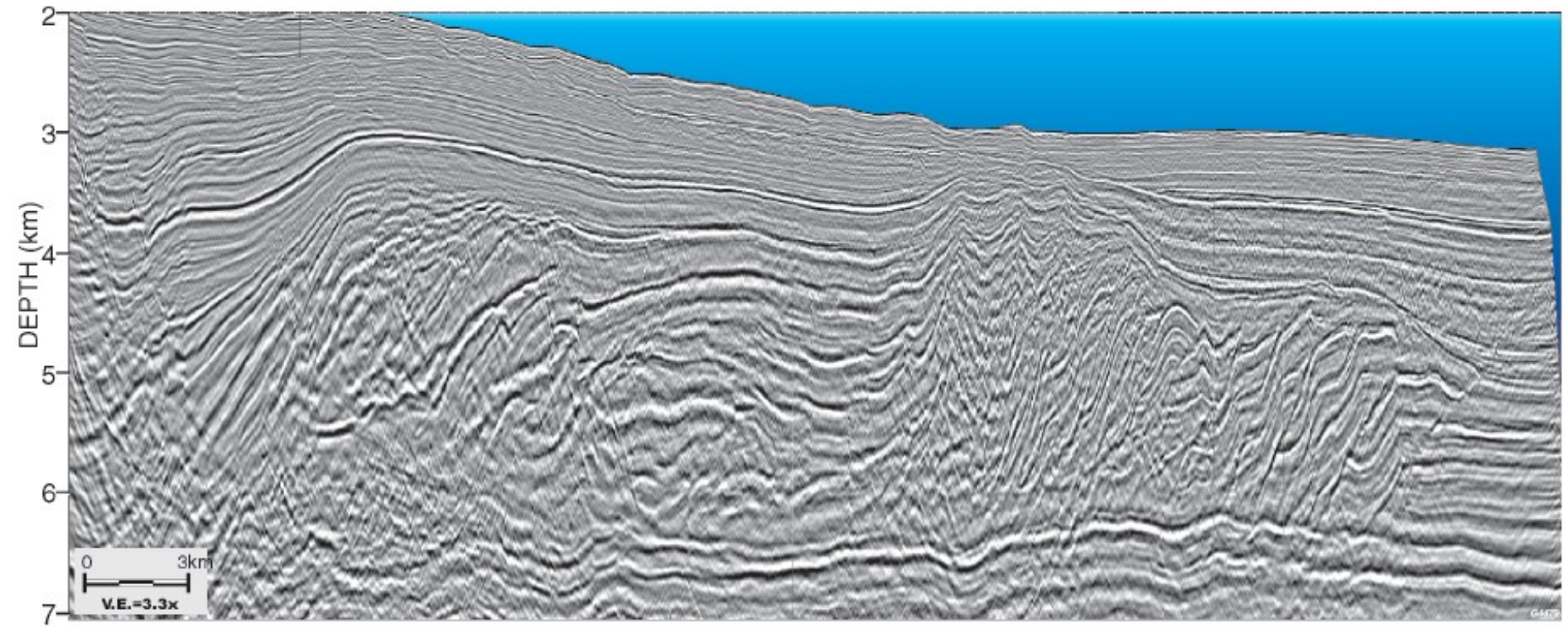
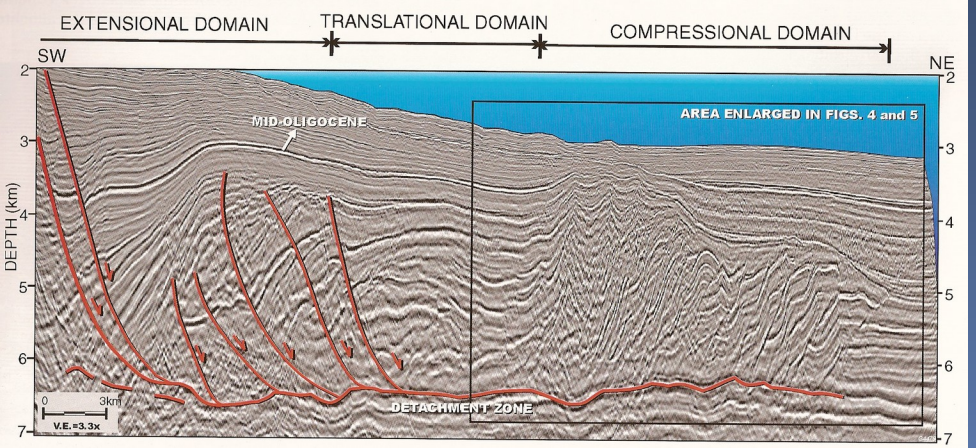


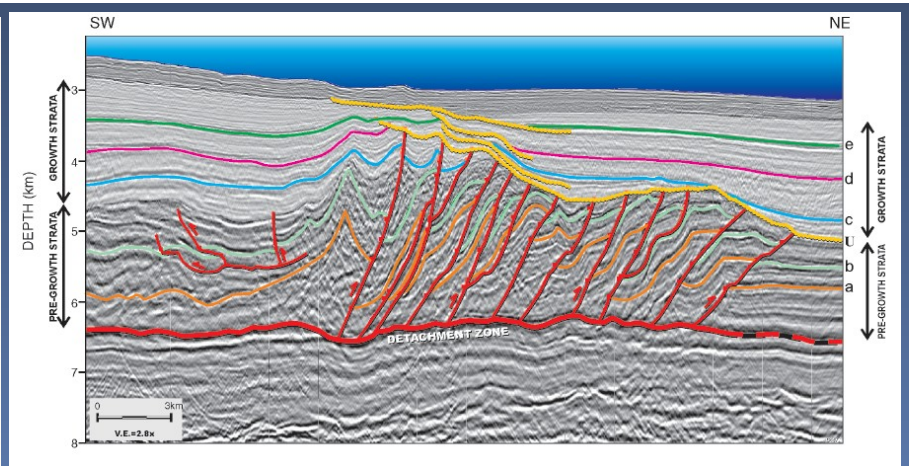
Figura 3.6 *– Modelo esquemático representando uma possível zonação estrutural gerada pela deformação superficial extensiva (Perovano, 2006 modificado de Gaullier e Vendeville, 2005).*

A superpressurização está relacionada com o conteúdo de fluídos represados nos sedimentos, especialmente água e eventualmente metano. (Perovano da Silva, 2012, Tese de Doutorado, UFF)

Tectônica gravitacional em camadas de lama na Bacia Pará-Maranhão – Margem Equatorial Brasileira (Perovano da Silva, 2012)







Tectônica gravitacional em camadas de lama na Bacia da Foz do Amazonas – Margem Equatorial Brasileira

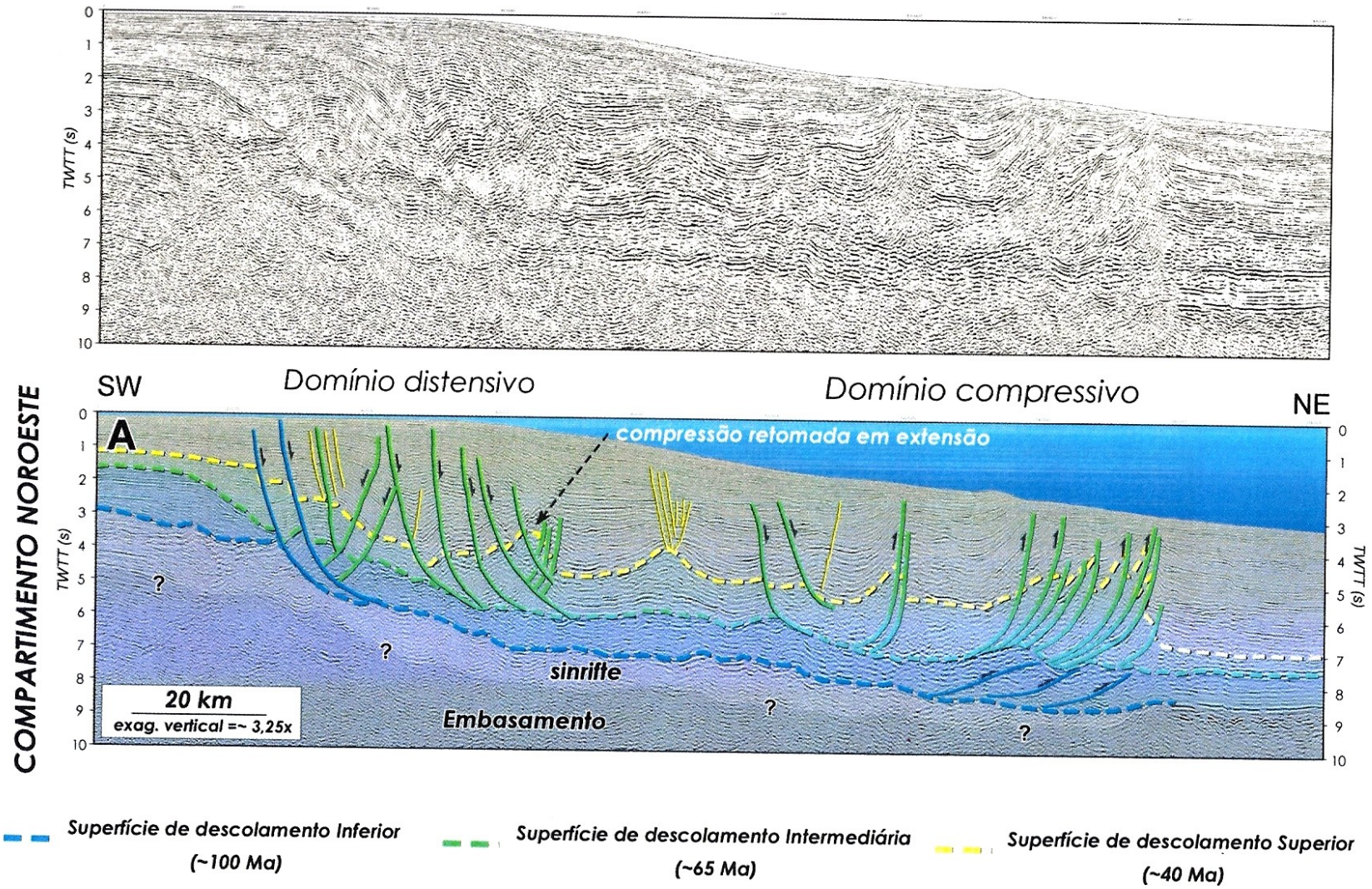


Figura 6.1.5 - Linha sísmica (em tempo) ao longo do Compartimento Noroeste da bacia da Foz do Amazonas, ilustrando as variações do arcabouço estrutural da tectônica gravitacional na área. A localização da seção está disponível na Figura 6.1.1.

Processo de tectônica gravitacional (Perovano da Silva, 2012, Tese de Doutorado, UFF)